

RESPON GLIKEMIK BEBERAPA PRODUK OLAHAN UBI JALAR UNGU

Siti Nurdjanah, Venni Elsa Manik, Sussi Astuti

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No. 1, Badar Lampung, Lampung

ABSTRAK

Ubi jalar ungu memiliki fungsi fisiologis sebagai pangan fungsional. Ubi jalar ungu segar dapat diolah menjadi ubi jalar rebus dan tepung ubi jalar ungu. Pati ubi jalar ungu dapat dimodifikasi melalui proses gelatinisasi sebagian dan retrogradasi sehingga menghasilkan tepung kaya pati resisten yang memiliki efek fisiologis menurunkan respon glikemik. Tepung kaya pati resisten dapat diolah menjadi produk mie ubi jalar ungu kaya pati resisten. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon glikemik beberapa produk olahan ubi jalar ungu seperti ubi jalar ungu rebus, mie ubi jalar ungu, dan mie ubi jalar ungu berkadar pati resisten tinggi. Produk yang memiliki respon glikemik terendah diharapkan menjadi pangan fungsional bagi penderita diabetes. Hasil penelitian dengan uji paired t test menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada taraf nyata 5% antara respon glikemik masing-masing produk olahan ubi jalar ungu yang dibandingkan dengan sirup glukosa. Sirup Glukosa memiliki rata-rata respon sebesar 14799,6 satuan luas, ubi jalar ungu rebus 13901,94 satuan luas, mie ubi jalar ungu 13205,28, dan mie ubi jalar ungu berkadar pati resisten tinggi 12827,04 satuan luas. Produk olahan ubi jalar ungu kaya pati resisten memiliki respon glikemik terendah, kadar karbohidrat tertinggi 53,9771%, kandungan pati resisten tertinggi 25,5818%, serta tingkat hidrolisis pati oleh enzim α -amilase selama 120 menit yang terendah 52,2674%.

Kata kunci: ubi jalar ungu, pati resisten, mie ubi jalar ungu, respon glikemik.

PENDAHULUAN

Ubi jalar ungu dipercaya menyehatkan karena memiliki fungsi fisiologis sebagai pangan fungsional (Tanak, 2016). Ubi jalar ungu termasuk bahan pangan fungsional karena memiliki pigmen antosianin yang cukup tinggi (Ginting *et al.*, 2011). Kandungan antosianin ubi jalar ungu berkisar antara 20 mg/100 g sampai 924 mg/100 g berat basah (Widjanarko, 2008). Menurut Narullita *et al.* (2013) ubi jalar sebaiknya disimpan pada suhu 25-26°C dan RH tinggi 85-90%. Kondisi penyimpanan yang sulit dikendalikan menyebabkan ubi jalar mudah mengalami kemunduran mutu (Kafiya, 2016). Kerusakan atau penurunan kualitas ubi jalar ungu dapat dihindari dengan penanganan lanjut yaitu pengolahan dalam bentuk segar maupun tepungnya menjadi produk turunannya (Sukerti *et al.*, 2013). Tepung ubi jalar ungu dapat dijadikan bahan baku pembuatan mie. Pembuatan mie dari tepung ubi jalar tanpa substitusi tepung terigu memerlukan modifikasi proses pembuatan mie pada umumnya karena tepung ubi jalar tidak mengandung gluten (Sugiyono *et al.*, 2011). Modifikasi proses pembuatan mie tersebut dapat dilakukan dengan proses pragelatinisasi yaitu pengukusan adonan atau dengan penambahan bahan pengikat seperti CMC atau karagenan pada tepung ubi jalar untuk memperkuat tekstur mie, memperkuat fleksibilitas dan elastisitas mie, serta membantu reaksi antara gluten dan karbohidrat (Mulyadi *et al.*, 2014).

Pati tepung ubi jalar ungu dapat dimodifikasi agar sifat fisikokimianya menjadi lebih baik dan meningkatkan sifat fungsionalnya (Pranoto *et al.*, 2014). Modifikasi pati pada proses pengolahan dapat menghasilkan pati resisten (RS). Saat ini sudah dilakukan pembuatan tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten melalui proses modifikasi pati. Proses gelatinisasi sebagian pada suhu 90°C selama

30 menit dan diretrogradasi pada suhu 5°C selama 48 jam dapat menghasilkan tepung ubi jalar ungu berkadar pati resisten sebesar 31,89% (Ningsih, 2015). Pati resisten memiliki efek fisiologis seperti menurunkan efek glikemik bagi penderita diabetes karena hidrolisis pati resisten oleh enzim pencernaan membutuhkan waktu yang lama (Sajilata *et al.*, 2006).

Penelitian mengenai respon glikemik pangan olahan yang berasal dari umbi-umbian bersumber karbohidrat tinggi seperti ubi jalar ungu masih sangat terbatas. Pangan yang sama memiliki indeks glikemik berbeda bila diolah atau dimasak dengan cara yang berbeda. Proses pengolahan dapat merubah karakteristik dan sifat fisikokimia bahan pangan. Struktur bahan menjadi lebih mudah dicerna dan diserap sehingga kadar gula darah dapat naik dengan cepat (Rimbawan dan Siagian, 2004). Saat ini belum diketahui respon glikemik pada produk olahan ubi jalar ungu seperti ubi jalar ungu rebus, mie ubi jalar ungu, dan mie ubi jalar ungu berkadar pati resisten tinggi. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dievaluasi respon glikemik pada beberapa produk olahan ubi jalar ungu.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian adalah ubi jalar ungu varietas Lokal (*Ipomea batatas* L.) yang diperoleh dari pasar tradisional Way Kandis, Bandar Lampung. Bahan kimia untuk analisis yaitu aquades, NaOH, HgO, K₂SO₄, H₂SO₄, alkohol 95%, indikator metil merah dan metil biru 0,2%, HCL 0,02 N, H₃BO₃, Na₂CO₃, asam galat, asam sitrat 2%, buffer KCl, buffer sodium asetat pH 4,75, buffer KCl-HCl pH 1,5, fenol, KOH 4M, pepsin, glukosa, enzim α -amilase, Dinitrosalisilat (DNS), dan enzim glukamilase. Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan produk olahan ubi jalar ungu yaitu pemanas drum berputar hasil modifikasi, *refrigerator*, *peeler knife*, *cabinet dryer* (Mommert), alat penyawut, baskom, timbangan, pisau, talenan, panci, peniris, sendok, dan panci pengukus. Alat-alat yang digunakan untuk analisis yaitu cawan porselen, oven, desikator, neraca analitik, penjepit, tanur, labu kjeldahl, labu lemak, soxhlet, vorteks, kuvet, spektrofotometer (HACH- Geneyes 20), tabung reaksi, rak tabung reaksi, corong buchner, erlenmeyer, tabung sentrifuse, alat sentrifuse, *water bath*, aluminium foil, mikropipet, spatula, dan seperangkat alat cek gula darah *Accu Check Performa* (glukometer, lancet, strip, dan tissue alkohol).

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan 3 perlakuan yaitu ubi jalar ungu rebus (P1), Mie ubi jalar ungu (P2), mie ubi jalar ungu berkadar pati resisten tinggi (P3). Sampel dari ke 3 perlakuan dimasak hingga matang kemudian dianalisis proksimat, kadar antosianin, total fenol, kadar pati resisten, tingkat hidrolisis dengan enzim α -amilase dengan ulangan sebanyak 3 kali. Data yang diperoleh diolah dengan menggunakan *Microsoft Excel 2010* untuk memperoleh nilai rata-rata. Produk olahan ubi jalar ungu yang telah matang dari ketiga perlakuan dan glukosa murni kemudian diuji respon glikemiknya dengan metode EI (1999) menggunakan 10 orang responden. Data hasil pengujian respon glukosa darah masing-masing subyek dibuat pada sumbu x (waktu) dan sumbu y (respon glikemik). Respon glikemik 10 responden tiap masing-masing olahan ubi jalar ungu dirata-ratakan untuk memperoleh grafik kurva respon glikemik masing-masing produk. Pengaruh konsumsi masing-masing produk terhadap respon glikemik dianalisis normalitasnya kemudian dilanjutkan dengan uji t (*paired samples test*) dengan bantuan *software SPSS 16.0*.

Prosedur Percobaan

Penyiapan Ubi Jalar Ungu Rebus

Ubi jalar ungu segar yang telah disortasi, dicuci, dan ditiriskan. Ubi jalar ungu dimasukkan ke dalam air mendidih ($T\ 100^{\circ}\text{C}$) sebanyak 2 L dalam panci dan direbus selama ± 30 menit, kemudian ubi jalar ungu rebus diangkat, ditiriskan, dan dikupas kulitnya (Husna *et al.*, 2013). Ubi jalar ungu dipotong dengan ukuran $4\times 4\times 8$ cm untuk disajikan ke responden .

Pembuatan Mie Ubi Jalar Ungu

Ubi jalar ungu yang telah disortasi, dicuci sampai bersih, dan ditiriskan. Ubi jalar ungu dikupas kulitnya lalu disawut dengan ketebalan 1 mm secara manual dengan alat penyawut. Ubi jalar ungu hasil penyawutan kemudian dikeringkan dengan menggunakan *cabinet dryer* pada suhu 60°C selama ± 16 jam sampai mencapai kadar air 10%. Ubi jalar ungu kemudian ditepungkan dengan menggunakan *hummer mill* dan dilakukan pengayakan dengan ayakan 80 mesh. Tepung ubi jalar ungu kemudian ditimbang sebanyak 200 gr dan masukkan ke dalam wadah adonan. Karagenan ditambahkan sebanyak 1% dari total tepung ubi jalar. Air ditambahkan dengan perbandingan sebanyak 1:1 dari total tepung, kemudian diadon hingga adonan homogen. Adonan tersebut kemudian dikukus selama 3 menit pada suhu 100°C . Adonan dimasukkan ke dalam alata penipis adonan (*seater*) hingga membentuk lempengan kemudian dicetak dengan alat pemotong (*noodle maker*) hingga terbentuk pilinan mie. Pilinan mie kemudian dimasukkan dalam cup kecil dan dibentuk membundar, kemudian dikeringkan dengan pengering cabinet suhu 60°C selama 12 jam sehingga dihasilkan mie kering. Mie yang telah kering kemudian direndam 1 menit ke dalam air dengan perbandingan 1: 1, setelah itu dikukus selama 10 menit (Mulyadi *et al.*, 2014).

Pembuatan Mie Ubi Jalar Ungu Berkadar Pati Resisten Tinggi

Ubi jalar ungu yang telah disortasi, dicuci sampai bersih, dan ditiriskan. Ubi jalar ungu dikupas kulitnya lalu disawut dengan ketebalan 1 mm secara manual dengan alat penyawut. Sawut ubi jalar ungu kemudian dipanaskan pada suhu 90°C selama 30 menit menggunakan alat pemanas drum berputar yang dimodifikasi, kemudian didinginkan di suhu ruang selama 1 jam. Sawut ubi jalar ungu kemudian dimasukkan ke dalam *refrigerator* pada suhu 5°C selama 48 jam. Ubi jalar ungu hasil penyawutan kemudian dikeringkan dengan menggunakan *cabinet dryer* pada suhu 60°C selama ± 16 jam sampai mencapai kadar air 10%. Ubi jalar ungu kemudian ditepungkan dengan menggunakan *hummer mill* dan dilakukan pengayakan dengan ayakan 80 mesh. Tepung ubi jalar ungu kemudian ditimbang sebanyak 200 g dan masukkan ke dalam wadah adonan. Karagenan ditambahkan sebanyak 1% dari total tepung ubi jalar. Air ditambahkan sebanyak 1:1 dari total tepung, kemudian diadon hingga adonan homogen. Adonan tersebut kemudian dikukus selama 3 menit pada suhu 100°C . Adonan dimasukkan ke dalam alat penipis adonan (*seater*) hingga membentuk lempengan kemudian dicetak dengan alat pemotong (*noodle maker*) hingga terbentuk pilinan mie. Pilinan Mie kemudian dimasukkan dalam cup kecil dan dibentuk membundar, kemudian dikeringkan dengan pengering cabinet suhu 60°C selama 12 jam sehingga dihasilkan mie kering. Mie yang telah kering kemudian direndam 1 menit ke dalam air dengan perbandingan 1: 1, setelah itu dikukus selama 10 menit (Mulyadi *et al.*, 2014).

Pengamatan

Pengujian Proksimat

Pengujian proksimat meliputi kadar air, kadar abu, protein, lemak, dan karbohidrat *by different*. Pengujian kadar air dan kadar abu pada produk olahan ubi jalar ungu menggunakan metode gravimetri. Analisis kadar protein pada produk olahan ubi jalar ungu menggunakan metode

kjeldahl. Uji kadar lemak pada produk olahan ubi jalar ungu menggunakan metode ekstraksi soxhlet. Kadar karbohidrat pada produk olahan ubi jalar ungu dihitung secara *by difference*, yaitu dengan cara mengurangkan 100 % dengan nilai total dari kadar air, kadar abu, kadar protein dan kadar lemak (AOAC, 2005).

Pengujian Total Fenol

Analisa total fenol dilakukan berdasarkan metode Ismail *et.al.* (2012) yang telah dimodifikasi. Sampel ekstrak disiapkan sebanyak 0,2 ml ditambah dengan 0,2 ml aquades dan 0,2 ml reagen Folin Ciocalteu, dan kemudian divortex selama 1 menit. Setelah itu, ditambah dengan 4 ml larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) 2% dan divortex kembali selama satu menit lalu didiamkan dalam ruang gelap pada suhu kamar selama 30 menit. Setelah itu diukur absorbansi sampel pada panjang gelombang 760 nm. Apabila nilai absorbansi tidak terbaca, maka sampel uji terlebih dahulu dilakukan pengenceran dengan pengenceran tingkat 1 (1/10). Selain itu, dibuat pula blanko dengan prosedur yang sama seperti prosedur untuk sampel. Hasil absorbansi diplotkan terhadap kurva standar asam galat dengan menggunakan persamaan regresi linier. Hubungan antara konsentrasi asam galat dinyatakan sebagai sumbu x dan besarnya absorbansi hasil reaksi asam galat dengan pereaksi Folin-Ciocalteu dinyatakan sebagai sumbu y. Cara pembuatan kurva standar menggunakan larutan asam galat adalah menimbang sebanyak 1 mg asam galat dan dilarutkan dalam akuades sampai volume 100 ml. Selanjutnya dibuat seri pengenceran larutan induk asam galat 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dan dilakukan perlakuan seperti sampel. Hasilnya dinyatakan dari persamaan kurva standar yaitu:

$$Y = ax + b$$

Keterangan :

Y = Absorbansi Sampel; a = Gradien; x = Konsentrasi Ekuivalen Asam Galat; c = Intersef

Pengujian Total Antosianin

Pengukuran total konsentrasi antosianin dengan menggunakan metode Giusti dan Wrolstad (2001). Disiapkan 2 larutan sampel, larutan pertama adalah larutan untuk pH 1,0 menggunakan buffer KCl dan larutan kedua untuk pH 4.5 menggunakan buffer Na-Asetat. Diambil masing-masing 1 mL ekstrak ubi jalar ungu dan diencerkan menggunakan larutan buffer masing-masing sampai volume 10 mL (Faktor pengenceran = 10). Sampel hasil pengenceran masing-masing dilakukan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 500 nm dan 700 nm. Untuk menentukan nilai absorbansinya digunakan persamaan berikut:

$$A = (A_{\lambda \text{ vis max}} - A_{700})_{pH 1,0} - (A_{\lambda \text{ vis max}} - A_{700})_{pH 4,5}$$

dan untuk menentukan total konsentrasinya dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Total Antosianin (mg/L)} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l}$$

Keterangan: A= Absorbansi; MW = Bobot Molekul Sianidin-3-Glukosida (449) ;

DF = Dilution Factor (Faktor Pengenceran); ϵ = Koefisien Ekstingsi Molar Sianidin-3-Glukosida (26.900 L/cm); l= Tebal Kuvet (1 cm).

Pati Resisten

Penentuan pati resisten dilakukan dengan metode Goni *et al.* (1996). Sebanyak 100 mg sampel dimasukkan ke dalam tabung sentrifuse, ditambah 10 mL KCl-HCl buffer pH 1,5 dan pengaturan pH 1,5 dilakukan dengan menambah HCl (2 M) atau NaOH (0,5 M), kemudian ditambah 2 ml larutan pepsin (1 g pepsin/10 mL buffer KCl-HCl). Campuran tersebut dimasukkan ke dalam water bath suhu

40°C selama 60 menit. Campuran tersebut kemudian didinginkan pada suhu ruang, pH campuran diatur hingga 6,9 dengan menambahkan NaOH (0,5 M) lalu campuran ditambah 1 ml larutan enzim α -amilase. Campuran diinkubasi selama 16 jam pada *water bath* suhu 37°C dengan pengadukan konstan dan disentrifuse selama 15 menit (3000 rpm) lalu supernatan yang diperoleh dibuang. Residu ditambah 10 ml air destilat, lalu disentrifuse kembali (15 menit, 3000 rpm) dan supernatan dipisahkan. Sebanyak 3 mL air destilat ditambah pada residu kemudian diaduk agar bercampur. Setelah itu ditambahkan KOH (4 M) sebanyak 3 mL, kemudian diinkubasi pada *shaker waterbath* (Memmert) selama 30 menit pada suhu ruang dengan pengadukan konstan. Sebanyak 5,5 ml HCl (2 M) dan 3 mL buffer sodium asetat (0,4 M) ditambahkan ke dalam campuran dan dilakukan pengaturan pH menjadi 4,75 dengan menambahkan HCl (2 M). Setelah itu sebanyak 80 μ L enzim glukamilase ditambahkan dan dicampurkan secara merata dan dibiarkan dalam *waterbath* (memmert) selama 45 menit pada suhu 60°C. Kemudian dilakukan pemisahan dengan menggunakan sentrifuse (15 menit, 3000 rpm). Supernatan yang didapat disimpan terpisah, dan residu ditambah dengan air destilat sebanyak 10 mL lalu disentrifus kembali. Residu dibuang, sedangkan supernatan yang didapat dicampur dengan supernatan yang telah didapat sebelumnya kemudian campuran tersebut dibuat menjadi 50 ml dengan menambahkan air destilat untuk penentuan glukosa. Penentuan glukosa dilakukan menggunakan spektrofotometri dengan menghubungkan kurva standar glukosa dan glukosa yang telah didapat. Absorbansi masing-masing larutan tersebut dibaca dengan panjang gelombang 490 nm. Jumlah kadar pati resisten dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut

$$\text{Glukosa (mg)} = \frac{\text{mg / mL glukosa dari kurva standar} \times V \text{ sampel (mL)} \times F_p \times 1 \text{ mg}}{\text{Berat sampel (mg)}}$$

$$\text{Jumlah Pati Resistensi} = \text{Banyaknya glukosa (mg)} \times 0,9$$

Tingkat Hidrolisis dengan Enzim α -Amilase

Penentuan tingkat hidrolisis pati dengan enzim α -amilase menggunakan metode dari Muchtadi *et al.* (1992) yang dimodifikasi. Bubuk mie ubi jalar ungu ditimbang 1 g dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 9 mL aquades, dipanaskan pada penangas air pada suhu 90°C selama 15 menit. Setelah mencapai suhu 90°C segera dinginkan. Sampel ditambah enzim amilase 1 mL dan 3 mL buffer fosfat 0,1 M pH 7, diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit, disentrifuge pada kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Sampel dipipet 1 mL dan ditambahkan 9 mL aquades. Sampel cair dihitung sebagai konsentrasi volume pengenceran, sampel dipipet 1 mL ditambah 3 mL pereaksi DNS. Pembuatan pereaksi DNS menggunakan metode Apriyanto *et al.* (1989). Sebanyak 1,96 g asam dinitro salisilat dan 1,98 g NaOH, 30,6 g K.N. Tartrat Tetrahidrat, 0,0076 g fenol, dan 0,83 g Na-metabisulfit ditimbang lalu dimasukkan ke dalam 141,6 ml aquades dan dicampurkan. Selanjutnya, dilakukan titrasi 3 ml pereaksi DNS dengan HCl 0,1 N dan ditambahkan 2-3 tetes indikator fenoltalein sampai berubah warna menjadi bening. Larutan sampel dipanaskan pada suhu 30°C selama 20 menit didinginkan 15 menit. Sampel diukur absorbansinya pada panjang gelombang 550 nm. Penentuan presentase tingkat hidrolisis pati dapat didapatkan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Glukosa (\%)} = \frac{\text{Jumlah Glukosa}}{\text{Berat Sampel}} \times 100\%$$

Penentuan Respon Glikemik

Pengukuran respon glikemik dilakukan dalam beberapa tahap yaitu a) pengajuan izin komisi etik penelitian (*Ethical Clearanche*), b) perekrutan calon subjek, c) seleksi calon subjek, d) penjelasan penelitian dan *informed consent*, e) pengukuran respon glikemik. Penelitian ini dilaksanakan setelah mendapat izin komisi etik penelitian dari lembaga yang mengeluarkan komisi etik. Perekrutan calon

subjek dan seleksi calon subjek dilakukan dengan metode purposive sampel yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi adalah subjek berumur 18-30 tahun baik pria atau wanita, memiliki Indeks Massa Tubuh (IMT) normal (18.5-22.9 kg/m²), dan dalam keadaan sehat. Kriteria eksklusi antara lain subjek tidak memiliki riwayat penyakit diabetes, tidak sedang mengalami gangguan pencernaan, tidak menjalani pengobatan, tidak menggunakan obat-obatan terlarang, tidak merokok, serta tidak meminum minuman beralkohol. Responden yang memenuhi kriteria dipilih sebanyak 10 orang (laki-laki dan perempuan). Responden diberikan penjelasan singkat atas penelitian ini dan mengisi *informed consent*. Penentuan respon glikemik menurut metode modifikasi El (1999). Sebanyak sepuluh responden diminta untuk berpuasa penuh kecuali air putih selama kurang lebih 10 jam (dari malam hari jam 20.00 hingga keesokan paginya). Pengujian dilakukan pada pagi hari (jam 08.00) dengan memberikan sebanyak 50 g karbohidrat masing-masing produk ubi jalar ungu siap dikonsumsi dan glukosa murni. Responden diuji respon glikemiknya diuji selama 2 minggu, berturut-turut 3 hari sekali. Pada minggu pertama responden diberi glukosa murni sebanyak 50 g yang dilarutkan pada air 200 ml sebagai pembanding. Subjek meminum larutan glukosa murni selama 5-10 menit kemudian dianalisis respon glikemiknya.

Pengujian selanjutnya pada 3 hari berikutnya responden diberi ubi jalar ungu rebus dan dianalisis respon glikemiknya, pada minggu berikutnya responden diberi mie ubi jalar ungu dan dianalisis respon glikemiknya, dan pada minggu terakhir responden diberi mie ubi jalar ungu berkadar pati resisten tinggi dan dianalisis respon glikemiknya. Pasca pemberian masing-masing produk olahan ubi jalar ungu selama 2 jam kepada responden, sampel darah diambil sebanyak 0,6 µL dengan metode *finger-prick capillary blood samples*. Pengambilan sampel darah responden dilakukan berturut-turut pada menit ke-0 (sebelum pemberian masing-masing produk olahan ubi jalar ungu/ kadar gula darah puasa normal), menit ke-30, menit ke-60, menit ke-90, dan menit ke-120 setelah pemberian produk olahan ubi jalar ungu. Selama pengambilan darah berlangsung, responden dalam keadaan sedang santai atau tidak melakukan pekerjaan berat. Kadar glukosa darah dimasukkan pada sumbu x (waktu dalam menit) dan sumbu y (kadar glukosa darah). Kemudian kadar gula darah subjek diplotkan ke dalam grafik dan dicari luas permukaan area dibawah kurva dengan rumus: $L = \int_0^{120} f(x) dx$; f = Fungsi dari y

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Proksimat

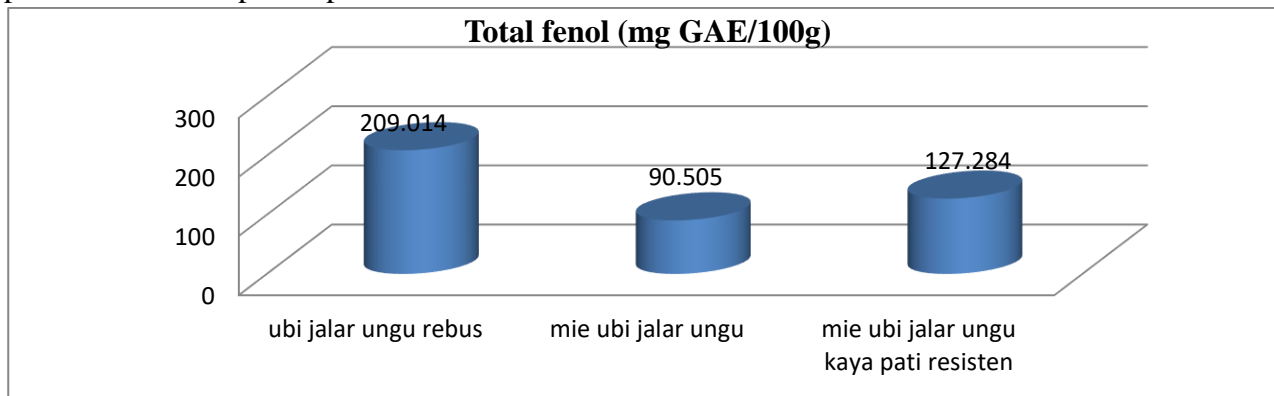
Analisis proksimat pada penelitian ini dilakukan agar mengetahui komposisi zat gizi seperti kadar air, kadar lemak, kadar protein, kadar abu, dan kadar karbohidrat *by difference*. Komposisi zat gizi dalam makanan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi respon glukosa darah (Vosloo, 2005). Ubi jalar ungu yang diolah menjadi ubi jalar rebus, mie ubi jalar ungu, dan mie ubi jalar ungu kaya pati resisten memiliki komposisi proksimat yang berbeda-beda karena diolah dengan cara yang berbeda. Hasil analisis proksimat dilihat pada tabel 1:

Komponen kimia	Ubi jalar ungu rebus	Mie ubi jalar ungu	Mie ubi jalar ungu kaya pati resisten
kadar air	62,8349%	53,0225%	44,1342%
kadar abu	1,1122%	1,1941%	0,7726%
kadar protein	1,1951%	1,1197%	0,9517%
kadar lemak	0,3757%	0,3674%	0,3493%
kadar karbohidrat	34,4821%	44,2962%	53,9771%

Tabel 1. Rerata hasil analisis proksimat produk olahan ubi jalar ungu

Total Fenol Ubi Jalar Ungu dan Produk Olahannya

Hasil analisis total fenol pada ubi jalar ungu rebus, mie ubi jalar ungu, dan mie ubi jalar ungu kaya pati resisten ditampilkan pada Gambar 1.

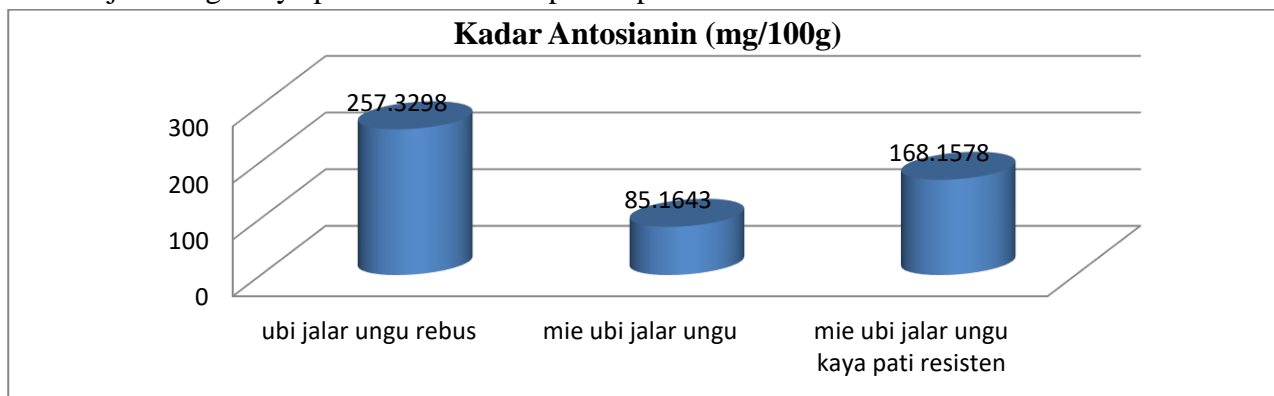


Gambar 2. Kandungan total fenol produk olahan ubi jalar ungu

Berdasarkan hasil pengujian analisis total fenol yang telah dilakukan pada produk olahan ubi jalar ungu, kandungan total fenol yang paling besar yaitu sekitar 209,014 mg GAE/100g. Tingginya kandungan fenol pada ubi jalar rebus dapat disebabkan oleh perlakuan panas yang dapat menginaktivasi enzim fenolase melalui proses pengukusan, perebusan, atau pemanggangan (Mahmudatussa'adah *et al.*, 2015). Mie ubi jalar ungu kaya pati resisten memiliki kandungan fenol sebesar 127,284 mg GAE/100g, sementara kandungan fenol mie ubi jalar ungu hanya 90,505 mg GAE/100g. Kecilnya kandungan fenol pada mie ubi jalar ungu disebabkan oleh proses pengolahannya. Pada penelitian ini kandungan fenol mie ubi jalar ungu kaya pati resisten lebih rendah dari ubi jalar ungu rebus disebabkan oleh proses pembuatan mie yang menggunakan kontak panas langsung saat pengukusan adonan untuk pembuatan lembaran mie dan saat pengukusan mie kering. Sementara saat perebusan, ubi jalar ungu direbus dengan kulitnya sehingga menghindari kontak panas yang tinggi antara media air terhadap daging ubi jalar. Menurut Padma dan Picha (2008), proses dan suhu pemanasan pada saat pengolahan ubi jalar sangat berpengaruh terhadap keberadaan senyawa fenol, semakin lama dan tinggi suhu proses pemanasan, maka senyawa fenol semakin menurun.

Total Antosianin

Pada penelitian ini hasil analisis kadar antosianin pada ubi jalar ungu rebus, mie ubi jalar ungu, dan mie ubi jalar ungu kaya pati resisten ditampilkan pada Gambar 3.



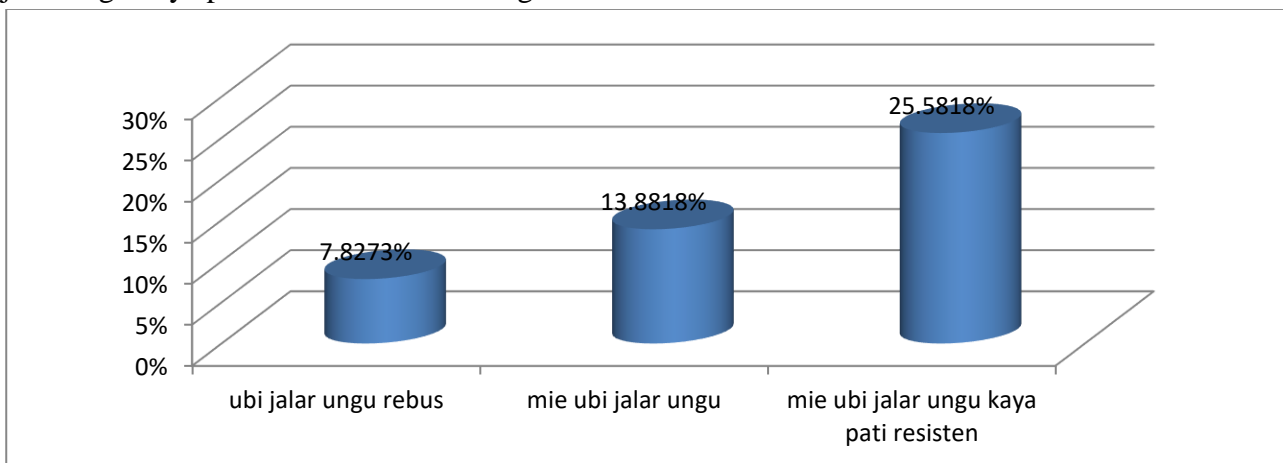
Gambar 3. Kadar Antosianin pada produk olahan ubi jalar ungu

Produk ubi jalar ungu rebus menunjukkan kadar antosianin yang paling tinggi yaitu 257,3298 mg/100g. Produk mie ubi jalar ungu kaya pati resisten memiliki kadar antosianin 168,1578 mg/100g, dan yang paling sedikit antosianinnya adalah mie ubi jalar ungu sebesar 85,1643 mg/100g. Tingginya kadar antosianin perlakuan pengolahan ubi jalar ungu rebus pada penelitian ini disebabkan oleh kulit ubi jalar ungu tidak dikupas sebelum perebusan. Hal ini membuat antosianin yang larut terbawa

dalam air mendidih sedikit sekali karena kontak antara daging umbi dengan air mendidih relatif kecil. Sementara pada penelitian Husna (2013) ubi jalar ungu rebus mengalami presentase penurunan antosianin yang cukup tinggi. Hal ini terjadi karena pada pengolahan ubi jalar ungu rebus, saat persiapan bahan ubi jalar dipotong-potong menjadi bagian kecil dan direbus 30 menit pada suhu 100°C. Ubi jalar ungu terendam di dalam air mendidih sehingga sebagian besar senyawa antosianin larut di dalam air dan rusak karena panas selama proses perebusan. Tingginya kadar antosianin ubi jalar ungu rebus berbanding lurus terhadap kandungan total fenol yang menunjukkan nilai tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Proses pemanasan pada ubi jalar ungu rebus diduga dapat menginaktivasi enzim-enzim penyebab pencoklatan seperti polifenol oksidase, peroksidase, dan antosianase sehingga mampu meningkatkan konsentrasi antosianin monomerik. Truong *et al.* (2010) menyatakan pemasakan dengan pemasakan selama 25 menit pada beberapa varietas ubi jalar ungu dapat meningkatkan konsentrasi antosianin monomerik.

Kandungan Pati Resisten

Pati resisten merupakan total pati dan pati dari hasil degradasi pati yang tahan cerna, tidak dapat diserap oleh usus halus manusia dan lolos ke dalam usus besar (kolon) (Herawati, 2010). Pada penelitian ini hasil pengujian pati resisten pada ubi jalar ungu rebus, mie ubi jalar ungu, dan mie ubi jalar ungu kaya pati resisten adalah sebagai berikut Gambar 4:

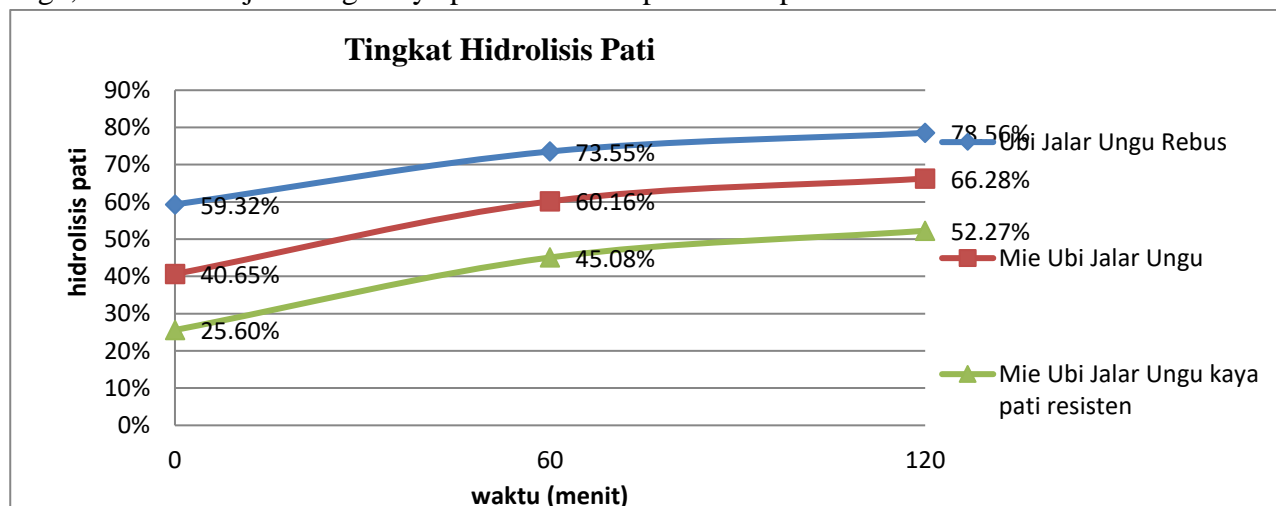


Gambar 4. Kadar pati resisten pada produk olahan ubi jalar ungu

Berdasarkan data tersebut kadar pati resisten yang paling rendah adalah ubi jalar ungu rebus yaitu hanya 7,8273%. Hal ini disebabkan proses pemasakan terutama perebusan berpotensi menurunkan kadar pati resisten. Proses pemasakan menaikkan kadar pati terhidrolisis karena gelatinisasi pati sempurna sehingga lebih mudah diserang oleh enzim atau lebih mudah dicerna (Pentadini, 2014). Kadar pati resisten pada mie ubi jalar ungu hanya sebesar 13,8818%, namun ternyata lebih tinggi dari ubi jalar rebus. Kecilnya kadar pati resisten disebabkan oleh proses gelatinisasi saat pembuatan lapisan adonan mie dan saat pengukusan mie. Kadar pati resisten tertinggi adalah perlakuan mie ubi jalar ungu kaya pati resisten yang menghasilkan kadar pati resisten 25,5818%. Kadar pati resisten tinggi disebabkan oleh mie ubi jalar ungu kaya pati resisten terbuat dari tepung ubi jalar ungu tergelatinisasi sebagian pada suhu 90°C selama 30 menit dan diretrogradasi pada suhu 5°C selama 48 jam. Menurut penelitian Ningsih (2015) proses tersebut dapat menghasilkan tepung ubi jalar ungu berkadar pati resisten sebesar 31,89%. Penurunan kadar pati resisten dari tepung ubi jalar ungu tergelatinisasi sebagian dan teretrogradasi yang diolah menjadi mie ubi jalar ungu karena tepung ubi jalar ungu kaya pati resisten sudah melalui proses pemanasan berulang saat pembuatan untaian mie hingga mie siap konsumsi.

Tingkat Hidrolisis dengan Enzim α Amilase

Pada penelitian ini hasil pengujian tingkat hidrolisis pati ubi jalar ungu rebus, mie ubi jalar ungu, dan mie ubi jalar ungu kaya pati resisten dapat dilihat pada Gambar 5:



Gambar 5. Tingkat hidrolisis enzim α -amilase pada produk olahan ubi jalar ungu

Tingkat hidrolisis yang paling besar selama kurun waktu 120 menit adalah ubi jalar ungu rebus. Bagian ubi jalar ungu rebus yang terhidrolisis mencapai 78,5553%. Sementara mie ubi jalar ungu mencapai 66,2774%, dan yang terkecil adalah mie ubi jalar ungu kaya pati resisten sebesar 52,2674%. Tingkat hidrolisis oleh enzim α -amilase berbanding terbalik dengan kandungan pati resisten produk. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sugiyono *et al.* (2009), kadar pati resisten yang tinggi pada bahan pangan dapat menurunkan tingkat hidrolisis enzimnya. Mie ubi jalar ungu kaya pati resisten memiliki tingkat hidrolisis enzim terendah karena produk ini terbuat dari tepung ubi jalar yang tergelatinisasi sebagian dan teretrogradasi sehingga banyak mengandung kadar pati resisten terutama pati resisten tipe 3 (Kusnandar, 2011). Selama pendinginan bahan terjadi peristiwa rekristalisasi rantai polimer amilosa yang terlarut, pati yang tergelatinisasi sebagian akan mengalami reasosiasi kembali membentuk struktur heliks ganda yang distabilkan oleh ikatan hidrogen, sehingga mengakibatkan pati sulit dicerna oleh enzim amilase (Sajilata *et al.*, 2006).

Respon Glikemik

Karakteristik Subjek Penelitian

Penelitian ini telah memperoleh izin dari Komisi Etik Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Lampung di Bandar Lampung pada tanggal 12 Juli 2017 dengan nomor 2985/UN26.8/DL/2017. Perekrutan subjek penelitian dilakukan dengan cara sosialisasi kepada beberapa mahasiswa Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung, kemudian dilakukan wawancara mengenai riwayat kesehatan individu maupun keluarganya. Calon subjek penelitian diukur berat badan, tinggi badan, dan dihitung IMT tiap subjek. Calon Subjek dipilih satu per satu hingga memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi adalah subjek berumur 18-30 tahun baik pria atau wanita, Indeks Massa Tubuh (IMT) normal ($18.5-22.9 \text{ kg/m}^2$), dan dalam keadaan sehat. Kriteria eksklusi subjek yaitu tidak memiliki riwayat penyakit diabetes, tidak sedang mengalami gangguan pencernaan, tidak menjalani pengobatan, tidak menggunakan obat-obatan terlarang, dan tidak merokok.

Mahasiswa yang bersedia dan memenuhi kriteria dipilih 10 orang untuk menjadi subjek penelitian. Subjek tersebut diberikan penjelasan mengenai penelitian yang akan dilakukan dan menandatangani *informed consent* tanpa ada paksaan. Subjek penelitian berhak untuk berhenti

mengikuti kegiatan penelitian ini apabila subjek merasa dirugikan. Subjek pada penelitian ini menggunakan 10 orang subjek yang terdiri dari 7 orang perempuan dan 3 orang laki-laki. Menurut Brouns *et al.* (2005), penggunaan subjek penelitian lebih banyak itu lebih baik, namun dalam hal penelitian ini penggunaan sepuluh subjek sudah lebih baik. Data umur, berat badan, tinggi badan, dikumpulkan untuk mengetahui karakteristik subjek. Karakteristik subjek yang direkrut sebagai responden dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini:

No	Subjek	Jenis Kelamin	Umur (Tahun)	Berat Badan (Kg)	Tinggi Badan (M)	IMT (Kg/m ²)	Gula Darah Puasa (Mg/dL)
1	IR	P	22	47	1,57	19,07	87
2	IS	P	21	50	1,6	19,53	85,25
3	SS	P	21	49	1,56	20,13	88,75
4	AA	P	22	51	1,6	19,92	90
5	YS	P	22	48	1,59	18,99	89,75
6	JP	P	22	55	1,58	22,03	78
7	EA	P	22	63	1,66	22,86	84
8	MA	L	25	66	1,7	22,84	88,5
9	GP	L	21	48	1,54	20,24	84,25
10	HP	L	22	58	1,6	22,66	87,25
Rata-Rata		-	22	53,5	1,6	20,83	86,28

Tabel 1. Karakteristik subjek yang terpilih sebagai responden penelitian

Umur rata-rata subjek adalah 22 Tahun, dengan berat badan rata-rata 53,5 kg, tinggi badan 160 cm. Indeks Massa Tubuh rata-rata subjek sebesar 20,83 kg/ m². Informasi subjek tersebut menunjukkan bahwa semua subjek memiliki status gizi baik dengan Indeks Massa Tubuh normal. Gula darah puasa subjek diperoleh dari rata-rata 4 kali pengujian pada menit ke-0. Berdasarkan data tersebut subjek dinyatakan normal atau tidak mengidap penyakit diabetes karena memiliki gula darah puasa <100 mg/dL (PERKENI, 2015). Subjek dalam penelitian ini mendapatkan intervensi makanan yang berupa glukosa murni sebagai acuan, dan produk ubi jalar ungu seperti ubi jalar ungu rebus, mie ubi jalar ungu, dan mie ubi jalar ungu kaya pati resisten. Jarak pemberian setiap pangan yaitu 3-4 hari, hal ini dilakukan untuk proses pemulihan kondisi subjek. Selama pengujian subjek berada dalam kondisi santai atau tidak melakukan pekerjaan berat. Pangan yang diberikan pertama kali kepada subjek adalah sirup glukosa atau glukosa murni sebanyak 50 g yang dilarutkan dalam 200 ml air. Glukosa murni digunakan sebagai acuan atau pembanding terhadap produk ubi jalar lainnya. Menurut Brouns *et al.* (2005) pangan yang direkomendasikan digunakan sebagai pangan acuan dalam penentuan nilai indeks glikemik yaitu glukosa murni karena komposisi dari roti putih dapat berbeda-beda dari satu penelitian ke penelitian lainnya sehingga memungkinkan perbedaan hasil yang bervariasi dari berbagai penelitian. Subjek meminum glukosa murni dalam waktu sekitar 5-10 menit.

Pangan yang diberikan selanjutnya setelah glukosa murni adalah produk olahan ubi jalar ungu berupa ubi jalar ungu rebus, mie ubi jalar ungu, mie ubi jalar ungu kaya pati resisten. Jumlah porsi produk yang diberikan kepada subjek setara dengan 50 g karbohidrat. Jumlah porsi yang diberikan kepada subjek untuk masing-masing produk ubi jalar ungu disajikan dalam Tabel 2. berikut ini:

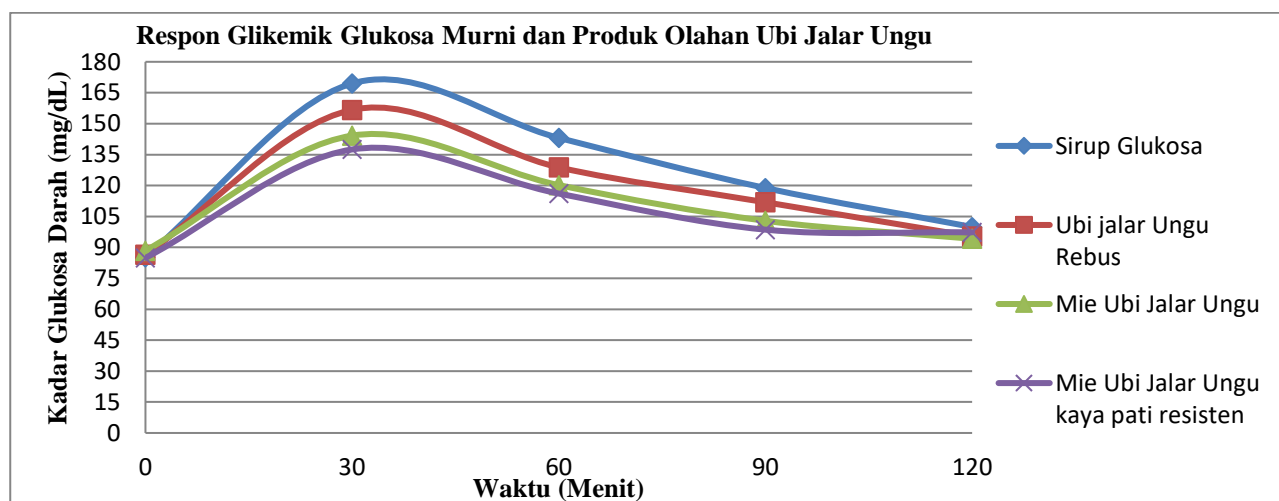
Produk	Karbohidrat by different (%bb)	Jumlah porsi / orang (g)	Jumlah porsi /10 orang (g)
Ubi jalar ungu rebus	34,4821	145,0029	1450,0294
Mie ubi Jalar Ungu	44,2962	112,8766	1128,7663
Mie ubi jalar ungu kaya pati resisten	53,7922	92,9503	929,5029

Tabel 2. Jumlah porsi produk ubi jalar ungu yang diberikan kepada subjek

Jumlah porsi produk ubi jalar ungu yang paling banyak adalah ubi jalar rebus yaitu 145 g sementara yang paling sedikit adalah mie ubi jalar ungu kaya pati resisten yaitu 92,9503 g. Jumlah porsi ini berbanding terbalik dengan kadar karbohidrat, semakin tinggi kadar karbohidrat by different suatu bahan maka akan semakin rendah jumlah porsi konsumsi suatu bahan pangan.

Perhitungan Respon Glikemik

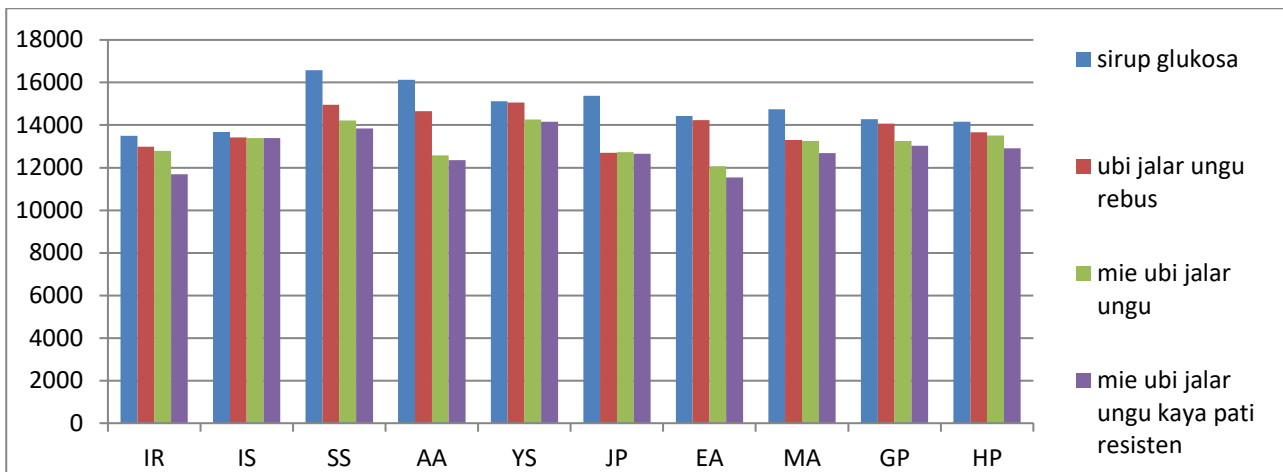
Respon glikemik ditentukan dari respon glukosa responden terhadap bahan pangan dalam penelitian ini glukosa murni, ubi jalar ungu rebus, mie ubi jalar ungu, mie ubi jalar ungu kaya pati resisten. Sebelum dilakukan pengukuran kadar glukosa darah, subjek berpuasa (kecuali air putih) terlebih dahulu minimal 10 jam. Pada penelitian ini puasa dilakukan minimal dari jam 10 malam hingga pengujian pada pagi harinya jam 8 pagi. Subjek yang telah berpuasa penuh kemudian diukur kadar glukosa darahnya pada menit ke-0 yaitu sebelum diberi konsumsi produk. Setelah itu, subjek diukur kadar glukosa darahnya setiap 30 menit selama 2 jam. Hasil pengukuran kadar glukosa darah subjek kemudian diletakkan dalam sumbu X (waktu) dan sumbu Y (kadar glukosa darah), kemudian dibentuk kurva dan diperoleh persamaan kurva tersebut. Kurva respon glikemik rata-rata subjek antara glukosa murni dengan produk olahan ubi jalar ungu disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Kurva respon glikemik antara glukosa murni dan produk olahan ubi jalar ungu

Kurva tersebut menunjukkan bahwa sirup glukosa memiliki nilai tertinggi yang diikuti oleh ubi jalar ungu rebus, mie ubi jalar ungu, dan yang paling kecil adalah mie ubi jalar ungu kaya pati resisten. Setelah kurva diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan luas area dibawah kurva. Luas kurva diperoleh dengan cara mengintegalkan persamaan kurva dengan batas 0-120. Hasil luas area dibawah kurva menggambarkan respon glikemik produk yang diuji. Hasil luas area dibawah kurva masing-masing responden untuk tiap jenis pangan disajikan pada Gambar 7.

Hasil analisis luas area di bawah kurva masing-masing responden tiap perlakuan berdistribusi secara normal dan dapat dilanjutkan dengan T test. Berdasarkan hasil uji lanjut T (paired samples test), luas area respon glikemik menunjukkan perbedaan yang signifikansi antara glukosa dan produk olahan ubi jalar ungu pada taraf nyata 5%. Berdasarkan hasil paired t test rata-rata variabel glukosa dan rata-rata variabel produk olahan ubi jalar ungu keseluruhan, nilai signifikansi lebih besar dari α 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa respon glukosa masing-masing produk ubi jalar ungu yaitu ubi jalar ungu rebus, mie ubi jalar ungu, dan mie ubi jalar ungu kaya pati resisten semuanya berbeda nyata.



Gambar 7. Luas area dibawah kurva masing-masing responden pada setiap perlakuan

Sirup Glukosa memiliki rata-rata respon sebesar 14799,6 satuan luas, diikuti oleh luas area ubi jalar ungu rebus sebesar 13901,94 satuan luas, mie ubi jalar ungu 13205,28 dan yang paling kecil adalah mie ubi jalar ungu kaya pati resisten sebesar 12827,04 satuan luas. Luas permukaan area di bawah kurva yang semakin kecil menunjukkan bahwa karbohidrat yang dicerna lebih lambat akan menghasilkan glukosa secara lambat dan lebih sedikit. Hal ini dapat dilihat dari puncak respon glikemik yang rendah (Willet *et al*, 2002), dan sebaliknya. Sirup glukosa menghasilkan luas area di bawah kurva terbesar karena seluruh komponen penyusun adalah glukosa murni yang secara keseluruhan dapat langsung diserap oleh tubuh (Astawan, 2005).

Perbedaan luas area setiap perlakuan disebabkan adanya proses pengolahan yang berbeda pada setiap produk olahan. Proses pengolahan dapat menyebabkan kadar gula darah naik dengan cepat karena proses pengolahan merubah struktur pangan menjadi lebih mudah untuk dicerna dan diserap. Struktur pangan yang berubah dapat mempengaruhi respon *postprandial* terhadap pangan berpati (Rimbawan dan Siagian, 2004). Pada produk ubi jalar ungu rebus nilai luas area kurva lebih besar dari produk olahan ubi jalar ungu lainnya karena saat perebusan dengan suhu 100°C pati ubi jalar sudah tergelatinisasi secara menyeluruh. Granula pati yang telah mengembang sebagian besar, maka pati tersebut dinyatakan tergelatinisasi penuh. Pati ubi jalar hanya membutuhkan suhu 75-88°C untuk tergelatinisasi (Moorthy, 2000). Granula pati yang telah mengembang dan molekul pati bebas sangat mudah dicerna karena enzim amilase di dalam usus halus mendapatkan permukaan luas untuk kontak dengan substrat. Reaksi cepat dari enzim menghasilkan peningkatan kadar glukosa darah yang cepat. Oleh karena itu, pangan yang mengandung pati tergelatinisasi penuh mempunyai respon glikemik yang tinggi (Rimbawan dan Siagian, 2004).

Pada produk mie ubi jalar ungu kaya pati resisten, luas area dibawah kurva menunjukkan yang terendah karena bahan baku produk adalah tepung ubi jalar ungu tergelatinisasi sebagian dan teretrogradasi yang kaya akan pati resisten tipe 3. Hasil penelitian Chung *et al*. (2006), bahwa pati yang tergelatinisasi sebagian relatif lebih tahan terhadap hidrolisa enzim. Pengolahan pati yang menghasilkan pati resisten merupakan salah satu cara untuk menurunkan respon glikemik. Pati resisten yang terdapat pada mie ubi jalar ungu kaya pati resisten mampu memperlambat pencernaan sehingga lambat pula meningkatkan kadar glukosa darah. Menurut Okoniewska and Witwer (2007), keberadaan RS3 dalam usus halus dapat menurunkan respons glikemik dan insulemik pada penderita diabetes. Kadar glukosa darah pemberian mie ubi jalar ungu kaya pati resisten pada penelitian ini juga cenderung stabil meski sudah 2 jam konsumsi. Beberapa subjek penelitian memiliki hasil luas area dibawah kurva antar tiap produk olahan ubi jalar ungu yang perbedaannya sangat sedikit sekali,

namun beberapa subjek penelitian lainnya menunjukkan sebaliknya yaitu jauh berbeda. Perbedaan respon glikemik masing-masing produk pada tiap subjek pada penelitian ini diduga berkaitan dengan perbedaan respon fisiologis masing-masing subjek penelitian (Argasasmita, 2008).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa respon glikemik beberapa produk olahan ubi jalar ungu seperti ubi jalar ungu rebus, mie ubi jalar ungu, dan mie ubi jalar ungu berkadar pati resisten menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada taraf nyata 5% dengan uji t (paired t test). Sirup Glukosa memiliki rata-rata respon sebesar 14799,6 satuan luas, ubi jalar ungu rebus 13901,94 satuan luas, mie ubi jalar ungu 13205,28, dan mie ubi jalar ungu berkadar pati resisten tinggi 12827,04 satuan luas. Produk mie ubi jalar ungu berkadar pati resisten tinggi merupakan produk olahan ubi jalar ungu yang memiliki respon glikemik terendah dibandingkan dengan produk olahan lainnya karena memiliki kandungan pati resisten mencapai 25,5818%.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists*. Benjamin Franklin Station. Washington.
- Argasasmita, T.U. 2008. Karakteristik sifat fisikokimia dan indeks glikemik varietas beras beramilosa rendah dan tinggi. Skripsi. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Astawan, M. dan S. Widowati. 2005. Evaluasi Mutu Gizi dan Indeks Glikemik Ubi jalar sebagai Dasar Pengembangan Pangan Fungsional. *Laporan Hasil Penelitian Rusnas Diversifikasi Pangan Pokok*. Institut Pertanian Bogor
- Brouns, F. I. Bjorck, K. N. Frayn, A.L. Gibs, V. Lang, G. Slama, and T.M. Wolever. 2005. Glycemic index methodology. *Nutrition Research Reviews*. 18: 145-171.
- Chung, H.J., H.S. Lim, and S.T. Lim. 2006. Effect of Partial Gelatinization and Retrogradation on the Enzymatic Digestion of Waxy Rice Starch. *Journal of Cereal Science*. 43:353-359.
- El, S.N. 1999. Determination of Glicemic Index for Some Breads. *Food Chemistry*. 67:67-69
- Ginting, E., J.S. Utomo, R. Yulifianti, dan M. Jusuf. 2011. Potensi Ubijalar Ungu sebagai Pangan Fungsional. *Iptek Tanaman Pangan*. 6(1) :116-138.
- Goni, I., L.G. Diz, E. Manas, and F.S. Calixto. 1996. Analysis of Resistant Starch: a Method for Food and Food Products. *Journal of Food Chemistry*. 56(4):445-449.
- Guisti, M. M., and R. E. Worlsted. 2001. Anthocyanins Characterization And Measurement with UV Visible Spectroscopy. Di dalam: R. E. Worlsted (ed). *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. New York. 1(2):1-13.
- Herawati, H. 2010. Potensi Pengembangan Produk Pati Tahan Cerna Sebagai Pangan Fungsional. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 30 (1):31-39.
- Husna, N.E., M. Novita, dan S. Rohaya. Kandungan Antosianin dan Aktivitas Antioksidan Ubi Jalar Ungu Segar dan Produk Olahannya. *Agritech*. 33(3):296-301.
- Ismail, J., M. R. J. Runtuwene, dan F. Fatimah. 2012. Penentuan Total Fenolik dan Uji Aktivitas Antioksidan pada Biji dan Kulit Buah Pinang Yaki (*Areca vestiaria* Giseke). *Jurnal Ilmiah Sains*. 12(2):84-88.

- Kafiya, M. 2016. Perubahan Mutu Ubi Jalar (*Ipomea batatas L.*) Segar pada Sistem Penyimpanan Skala Pedesaan. (Tesis). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kusnandar, F. 2011. *Kimia pangan : Komponen Makro*. Cetakan pertama. Dian Rakyat. Jakarta.
- Mahmudatussa'adah, Ai. D. Fardiaz, N. Andarwulan, dan F. Kusnandar. 2015. Pengaruh Pengolahan Panas Terhadap Konsentrasi Antosianin Monomerik Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas L.*). *Agritech*. 35(2):129-136.
- Moorthy, S. N. 2000. Tropical Sources of Starch. Di dalam: A.C. Eliason (ed). *Starch in Foods : Structure, function and application*. CRC Press. USA.
- Muchtadi, D., N.S. Palupi dan M. Astawan. 1992. Enzim dalam industri pangan. Dapertemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mulyadi, A. F., S. Wijana, I. A. Dewi, dan W. I. Putri. Studi Pembuatan Mie Kering Ubi Jalar Kuning (*Ipomoea Batatas*) (Kajian Penambahan Telur dan Cmc). *Prosiding Seminar Nasional BKS PTN Barat*. 1186-1194.
- Narullita, A., S. Waluyo, dan D.D. Novita. 2013. Sifat Fisik Ubi Jalar (Ubi Jalar Gisting Kabupaten Tanggamus dan Jati Agung Kabupaten Lampung Selatan) pada Dua Metode Penyimpanan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 2(3):133-146.
- Ningsih, N.Y. 2015. Pengaruh Lama Pendinginan terhadap Kandungan Pati Resisten Tepung Ubi Jalar Ungu Termodifikasi. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 55 hlm.
- Nugent, A.P. 2005. Health Properties of Resistant Starch. *British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin*. 30:27-54.
- Okoniewska, M. and R. S. Witwer. 2007. Natural resistant starch: an overview of health properties as useful replacement for flour, resistant starch may also as boost insulin sensitivity and satiety. *Nutritional Outlook*.
- Padda, M. S., D. H. Picha. 2008. Effect of Low Temperature Storage on Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Sweetpotatoes. *Postharvest Biology and Technology*. 47:176-180
- Pentadini, F., Silvia A., Sri Hartini, Anik T. H. 2014. Determination of Glycemic Score on Processed Food from Whole Wheat Flour (*Triticum aestivum L.*) Dewata's Variety in terms of Amylose Content and Starch Digestibility. *International Conference on Research, Implementation and Education of Mathematics and Sciences*. Pp. C55-C62.
- PERKENI (Perkumpulan Endrokinologi Indonesia). 2015. Konsensus Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 di Indonesia. Cetakan Pertama. Pengurus Besar Perkumpulan Endokrinologi Indonesia (PB PERKENI).
- Pranoto, Y., Rahmayuni, Haryadi, and S.K. Rakshit. 2014. Physicochemical Properties of Heat Moisture Treated Sweet Potato Starches of Selected Indonesian Varieties. *International Food Research Journal*. 21(5):2031-2038.
- Rimbawan dan A. Siagian. 2004. *Indeks Glikemik Pangan*. Penebar Swadaya. Jakarta. 124 hlm.
- Sajilata, M.G., R.S Singhal, and P.R Kulkarni. 2006. Resistant Starch a Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 5(1):1-17.
- Sukerti, N.W., Damiaty, C. I. R. Marsiti, dan Adnyawati. 2013. Pengaruh Modifikasi Tiga Varietas Tepung Ubi Jalar dan Terigu Terhadap Kualitas dan Daya Terima Mi Kering. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 2(2): 231-237
- Sugiyono, R. Pratiwi, dan D.N Faridah. 2009. Modifikasi Pati Garut (*Marantha arundinacea*) dengan Perlakuan Siklus Pemanasan Suhu Tinggi-Pendinginan (*Autoclaving-Cooling*

Cycling) untuk Menghasilkan Pati Resisten Tipe III. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 20(1):17-61

Sugiyono, E. Setiawan. H. Sumekar. 2011. Pengembangan Produk Mie Kering Dari Tepung Ubi Jalar (*Ipomea batatas*) dan Penentuan Umur Simpannya dengan Metode Isoterm Sorpsi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 22(2):164-170.

Tanak, Y. 2016. Modifikasi secara Heat Moisture Treatment pada Pati Ubi Jalar Ungu untuk Pangan Fungsional. *Jurnal Sains dan Teknologi Tadulako*. 5(1):39-48.

Truong, V.D., Deighton, N., Thompson, R.T., Mc Feeters, R.F., Dean, L.O., Pecota, K.V. dan Yencho, G.C. 2010. Characterization of anthocyanins and anthocyanidins in purple fleshed sweetpotatoes by HPLC. *Jurnal of agriculture and food chemistry*. 58:404-410.

Vosloo, M.C. 2005. Some Factor Affecting The Digestion of Glycaemic Carbohydrates and The Blood Glucose Response. *Journal of Family Ecology and Consumer Science*. 33.

Widjanarko, S. 2008. *Efek Pengolahan terhadap Komposisi Kimia dan Fisik Ubi Jalar Ungu dan Kuning*. Penerbit Liberty. Yogyakarta.

Willet, W. J. Manson, S. Liu. Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes. 2002. *American Journal Clinical Nutrition*. 76(1):274-280.